

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 特 許 公 報 (B 2)

(11) 特許出願公告番号

特公平7-112083

(24) (44) 公告日 平成7年(1995)11月29日

(51) Int. Cl. <sup>5</sup> H01S 3/094	識別記号 H01S 3/094	庁内整理番号 S	P I H01S 3/094	技術表示箇所 S
--	--------------------	-------------	-------------------	-------------

請求項の数1(全 3 頁)

(21) 出願番号	特願平2-154025	(71) 出願人	999999999 新日本製鐵株式会社 東京都千代田区大手町2丁目6番3号
(22) 出願日	平成2年(1990)6月14日	(72) 発明者	山口 哲 神奈川県相模原市淵野辺5-10-1 新日本製鐵株式会社第2技術研究所内
(65) 公開番号	特開平4-48664	(72) 発明者	今井 浩文 神奈川県相模原市淵野辺5-10-1 新日本製鐵株式会社第2技術研究所内
(43) 公開日	平成4年(1992)2月18日	(74) 代理人	弁護士 田北 賢晴
		審査官	原 光明
		(56) 参考文献	特開 平2-54932 (J P, A) 実開 昭60-76307 (J P, U)

(54) 【発明の名称】 アレイ半導体レーザ縦面励起固体レーザ

1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 アレイ半導体レーザ出力を集光し固体レーザ素子を光励起するアレイ半導体レーザ励起固体レーザにおいて、分布屈折率レンズをアレイ半導体レーザの各ストライプに対応して並べ、アレイ半導体レーザ出力を集光してコリメートするレンズアレイと、コリメートされた各ストライプ光を一括して集光して一面所に重ね合わせ、固体レーザ素子を端面励起するためのフォーカシングレンズとして用いる第2のレンズと、かかる光結合器を備えたことを特徴とするアレイ半導体レーザ端面励起固体レーザ。

【発明の詳細な説明】

【産業上の利用分野】

本発明は、端面光源としての半導体レーザ出力を高効率で光結合し、固体レーザ素子を光励起する半導体レーザ

2

励起固体レーザに関するものである。

【従来の技術】

半導体レーザを励起光源として用いた固体レーザが、高効率、長寿命、小型化が図れることから、注目を集めている。半導体レーザ励起固体レーザにおける、固体レーザの光軸方向から光励起する端面励起方式（例えば特開昭58-52889号公報）では、固体レーザの発振の空間モードに半導体レーザ出力光による励起空間をうまくマッチングさせることにより、高効率で単一基本波モード発振を実現できる。

【発明が解決しようとする課題】

半導体レーザはビーム発散角が大きいため集光系を半導体レーザに接近して集光する必要があり発振光の集光は容易ではない。半導体レーザ励起固体レーザの高出力化のためには、励起用の半導体レーザを高出力化する必要

がある。半導体レーザはストライプ状の活性層からレーザ光が出射するが、単一のストライプレーザでは出力に限界があり、これ以上の出力を得るためには、複数のストライプを並べたアレイ状としなければならない。

このようなアレイ半導体レーザを励起光源として用いようとすると、アレイの幅は1cm程度の長さになるので、通常のレンズ系を用いて複数のビームを1つのスポット状に絞り込むことは到底できないため励起効率の良い端面励起方式が採用できず、側面励起方式にしか適用できなかった(例えばR. Burnham and A. D. Hays, Opt. Lett., 14, 27 (1989); M. K. Reed, W. J. Kozlovsky, R. L. Byer, G. L. Hamagel, and P. S. Cross, Opt. Lett., 13, 204 (1988) 等参照)。

本発明は、かかる状況に鑑みてなされたもので、マルチストライプのアレイ半導体レーザから出る発散角が大きい多数の複数のビームを集光し、固体レーザの共振の空間モードに半導体レーザ出力光による励起空間をマッチングするように、効率よく固体レーザ出力光を生起せしめる半導体レーザ励起固体レーザを提供することを目的とする。

#### 【課題を解決するための手段】

上記の目的を達成するため、この発明の手段として、アレイ半導体レーザ出力を集光し固体レーザ素子を光励起するアレイ半導体レーザ励起固体レーザにおいて、分布屈折率レンズをアレイ半導体レーザの各ストライプに対応して並べ、アレイ半導体レーザ出力を集光してコリメートするレンズアレイと、コリメートされた各ストライプ光を一括して集光して一面所に重ね合わせ、固体レーザ素子を端面励起するためのフォーカシングレンズとして用いる第2のレンズと、からなる光結合器を備えるものである。

#### 【作用】

半導体レーザ励起固体レーザの簡モードの特性は、端面励起方式の場合、固体レーザ素子内の光励起空間の形状で決まる。このため、単一基本簡モードを得るためには、絞った励起光の強度分布をなるべくガウス分布に近づけ、固体レーザ素子内に一定の大きさのビームスポットを安定的に作ってやるのが好ましい。

半導体レーザ励起固体レーザの光結合器として屈折率が中心軸から外面面に向かって放射線状に分布して異なっている円柱状の光学ガラス体である分布屈折率レンズを用いると発散角の大きい半導体レーザ光を容易に集光することができる。

このような特性を持つ分布屈折率レンズを用いて各ストライプからのレーザ光を集光できることを利用し、アレイ

半導体レーザの各々のストライプからの出射光を、分布屈折率レンズアレイで集光し、第2のレンズで全体光を一つのビームスポットに絞ってやり固体レーザ素子を励起すれば、高品質の簡モード光が得られる。

#### 【実施例】

以下、実施例に基づいて本発明を説明する。

第1図はアレイ半導体レーザ光を集光し固体レーザ素子を端面励起する固体レーザの模式図である。第1図に示すごとく、固体レーザ素子4としてNd:YAGを用い、一方の端面をダイクロイックコーティング(Nd:YAGレーザ共振波長1064nmで高反射(HR)、半導体レーザ光波長808nmで高透過(AR))し、その面を励起面とし、アウトプットミラー5とで共振器を構成する。用いたアレイ半導体レーザ1は幅が100μmの活性層ストライプ7が20本500μm間隔で配列したアレイからなる。集光レンズアレイ2は幅500μmの分布屈折率レンズ20個からなり20本のストライプからの出射光の各々を集光しコリメートする。20本のレーザビームを第2のレンズ3でフォーカシングし一面所に重ね合わせて、Nd:YAGロッドからなる固体レーザ素子4を端面励起する。

このようにして端面励起した半導体レーザ励起固体レーザに於て、5mWの半導体レーザ(波長808nm)出力でNd:YAGレーザ基本波(波長1064nm)出力1.5Wの高出力発振が得られている。

#### 【発明の効果】

以上説明したとおり、本発明の如く、光結合器として、上記のような構成をもつ半導体レーザ励起固体レーザは、従来のアレイ半導体レーザでは困難であった端面励起を可能にし、効率が高くビーム質の良い高出力の固体レーザを実現できる。

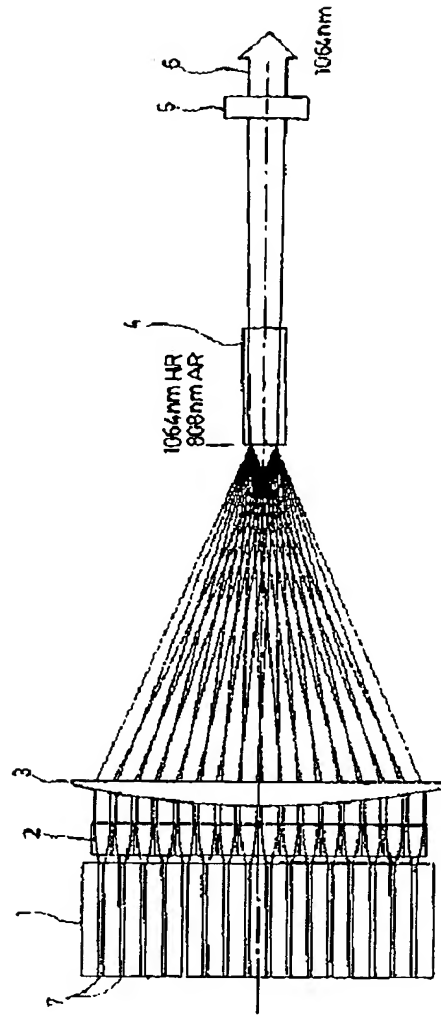
#### 【図面の簡単な説明】

第1図はアレイ半導体レーザの各ストライプからの出射光を分布屈折率レンズアレイを用いて集光してコリメートし第2のレンズでフォーカシングして一面所に重ね合わせて光励起する半導体レーザ励起固体レーザの模式図である。

図中、

- 1……アレイ半導体レーザ
- 2……分布屈折率レンズアレイ
- 3……レンズ
- 4……固体レーザ素子
- 5……アウトプットミラー
- 6……出力光
- 7……活性層ストライプ

【第1図】



\* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

CLAIMS

---

[Claim(s)]

[Claim 1] Array semiconductor laser excitation solid state laser which is characterized by providing the following and which condenses an array semiconductor laser output and carries out optical pumping of the solid-state-laser element A lens array which puts a distribution refractive-index lens in order corresponding to each stripe of array semiconductor laser, and condenses and collimates an array semiconductor laser output The 2nd lens used as a focusing glass for condensing each collimated stripe light collectively and carrying out end-face excitation of superposition and the solid-state-laser element at one place

---

[Translation done.]

\* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

DETAILED DESCRIPTION

---

[Detailed Description of the Invention]

[Industrial Application]

This invention relates to the semiconductor laser excitation solid state laser which carries out optical coupling of the semiconductor laser output as the end-face light source with a well head, and carries out optical pumping of the solid-state-laser element.

[Description of the Prior Art]

Since the solid state laser using semiconductor laser as the excitation light source can attain a well head, long lasting, and a miniaturization, it attracts attention. By the end-face excitation method (for example, refer to JP,58-52889,A) in semiconductor laser excitation solid state laser which carries out optical pumping from [ of solid state laser ] an optical axis, by making the excitation space by semiconductor laser output light match with the space mode of an oscillation of solid state laser well, it is efficient and a single basic transverse-mode oscillation can be realized.

[Problem(s) to be Solved by the Invention]

Since the beam angle of divergence of semiconductor laser is large, it is necessary to approach semiconductor laser and to condense a condensing system, and condensing of oscillation light is not easy. It is necessary to carry out a high increase in power of the semiconductor laser for excitation for the high increase in power of semiconductor laser excitation solid state laser. Although a laser beam carries out outgoing radiation of the semiconductor laser from a stripe-like barrier layer, by single stripe laser, a limit is in an output, and in order to obtain the output beyond this, it must be made the shape of an array which put two or more stripes in order.

If it is going to use such array semiconductor laser as the excitation light source, since the width of face of an array will be crossed to a length of about 1cm Since it cannot perform narrowing down two or more beams in the shape of [ one ] a spot using the usual lens system at all, an end-face excitation method with sufficient excitation efficiency is not employable. It was applicable only to the side excitation method (for example). [ R.Burnham and A.D.Hays, Opt.Lett. 14, 27(1989);M.KReed, W.J.Kozlovsky, R.L.Byer, G.L.Harnagel, ] [ and ] P. Reference, such as S.Cross, Opt.Lett., and 13,204 (1988).

It was made in view of this condition, and the angle of divergence which comes out of the array semiconductor laser of a multi-stripe condenses two or more beams of large a large number, and this invention aims at offering the semiconductor laser excitation solid state laser which makes solid-state-laser output light occur efficiently so that the excitation space by semiconductor laser output light may be matched with the space mode of an oscillation of solid state laser.

[The means for solving a technical problem]

In the array semiconductor laser excitation solid state laser which condenses an array semiconductor laser output and carries out optical pumping of the solid-state-laser element as a means of this invention in order to attain the above-mentioned purpose The lens array which puts a distribution refractive-index lens in order corresponding to each stripe of array semiconductor laser, and condenses and collimates an array semiconductor laser output, the 2nd lens used as a focusing glass for condensing each collimated stripe light collectively and carrying out end-face excitation of superposition and the solid-state-laser element at one place -- since -- it has the becoming optical coupling machine.

[Function]

In the case of an end-face excitation method, the property of the transverse mode of semiconductor laser excitation solid state laser is decided by the configuration of the optical-pumping space in a solid-state-laser element. For this reason, in order to obtain the single basic transverse mode, it is desirable to, bring the narrowed excitation luminous-intensity distribution close to Gaussian distribution if possible, and to make the beam spot of fixed magnitude stably in a solid-state-laser element.

If the distribution refractive-index lens which is the cylinder-like optical-glass object with which a refractive index is distributed from a medial axis in the shape of radiation toward a peripheral face, and differ as an optical coupling machine of semiconductor laser excitation solid state laser is used, a large semiconductor laser light of an angle of divergence can be condensed easily.

It uses that the laser beam from each stripe can be condensed using a distribution refractive-index lens with such a property, and the outgoing radiation light from each stripe of array semiconductor laser is condensed by the distribution refractive-index lens array, and if whole light is extracted to the one beam spot with the 2nd lens and a solid-state-laser element is excited, the transverse-mode light of high quality will be obtained.

[Example]

Hereafter, this invention is explained based on an example.

Drawing 1 is a mimetic diagram of the solid state laser which condenses array semiconductor laser light and carries out end-face excitation of the solid-state-laser element. As shown in drawing 1, die clo IKKU coating (it is high transparency (AR) at Nd:YAG laser oscillation wavelength of 1064nm in high reflection (HR) and 808nm of semiconductor laser light wave length) of one end face is carried out, the field is made into an excitation side, using Nd:YAG as a solid-state-laser element 4, and a resonator consists of output mirrors 5. The used array semiconductor laser 1 consists of an array which the barrier layer stripe 7 whose width of face is 100 micrometers arranged at intervals of 20 micrometers [ 500 ]. The condenser lens array 2 consists of 20 distribution refractive-index lenses with a width of face of 500 micrometers, and condenses and collimates each of the outgoing radiation light from 20 stripes. Focusing of the 20 laser beams is carried out with the 2nd lens 3, it lays on top of one place, and end-face excitation of the solid-state-laser element 4 which consists of a Nd:YAG rod is carried out. Thus, the high power oscillation of Nd:YAG laser fundamental-wave (wavelength of 1064nm) output 1.5W is obtained with the semiconductor laser (wavelength of 808nm) output of 5W in the semiconductor laser excitation solid state laser which carried out end-face excitation.

[Effect of the Invention]

Like this invention, as an optical coupling machine, the semiconductor laser excitation solid state laser with the above configurations enables end-face excitation which was difficult in the conventional array semiconductor laser, and effectiveness can realize the solid state laser of high high power with the sufficient quality of a beam as explained above.

---

[Translation done.]

\* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

DESCRIPTION OF DRAWINGS

---

[Brief Description of the Drawings]

Drawing 1 is a mimetic diagram of the semiconductor laser excitation solid state laser which condenses and collimates the outgoing radiation light from each stripe of array semiconductor laser using a distribution refractive-index lens array, and carries out focusing with the 2nd lens and which piles up and carries out optical pumping to one place.

Inside of drawing

- 1 .... Array semiconductor laser
- 2 .... Distribution refractive-index lens array
- 3 .... Lens
- 4 .... Solid-state-laser element
- 5 .... Output mirror
- 6 .... Output light
- 7 .... Barrier layer stripe

---

[Translation done.]